

A Palomar-gömbhalmazok

A címben szereplő égitesteket az első Palomar Observatory Sky Survey fotólemezei alapján azonosították és katalogizálták az 1950-es években. Ismert csillagászok nevei bukkanak fel a felfedezők és újralfedezők között: George Abell, Halton C. Arp, Walter Baade, Edwin Hubble. Megfigyelési szempontból nehéz objektumok ezek, így nem csoda, hogy csak a Palomar-hegyi 48 hüvelykes, Samuel Oschinről elnevezett Schmidt rendszerű távcső segítségével sikerült felfedezni őket.

Csekély fényességük több okra vezethető vissza. Egyes halmazok (Pal 6, 7, 9, 10, 11) a Tejútrendszer halójának hozzánk közelebb eső tagjai, csak éppen a közöttünk lévő csillagközi anyag abszorpciója fényük egy részét elnyeli. Mások (Pal 3, 4, 11) óriási halmazok, viszont a haló túlünk távolabb eső részének tagjai, tehát ugyancsak halványnak mutatkoznak. A vizuális megfigyelésük emiatt nagy (30 cm feletti) műszert igényel, bár egyikét képviseljük (Pal 8, 9, 11) már közepes távcsővel (kb. 15 cm) is látható fényszennyezés-mentes égen.

További általános jellemzőként megemlítem még a gömbhalmazok legtipikusabb tulajdonságát, a korukat és az ebből következő elhelyezkedésüket Galaxisunkban. A gömbhalmazok öreg objektumok, több milliárd éve keletkeztek. Ekkor a Tejútrendszer még közel gömbszimmetrikus volt, így ezek a halmazok mutatják ezt az ősi szimmetriát: a halónak nevezett térrészben helyezkednek el.

A „palomarok”

Palomar 1: G. A. Abell azonosította ezt az objektumot gömbhalmazként, mint később kiderült, helyesen. Fiatalnak tekinthető a maga 6,3–8,0 milliárd éves életkorával.

A halmazok fényessége összefüggésbe hozható korukkal, hiszen minél idősebb

Világegyetemünk, annál többet tartalmaz a csillagokban legyártódott, majd például szupernóva-robbanásakor a csillagközi térbe került fémekből (a csillagászatban minden, a héliumnál nehezebb elemet fémnek tekintünk), így ebben a „fémesebb” környezetben kialakuló fiatal halmazok is fémgazdagabbak lesznek öregebb társaiknál.



A palomari 48 hüvelykes Schmidt-távcsőről valaha készült leghíresebb kép. A vezetőtávcsőnél: Edwin Hubble

Palomar 2: 1955-ben fedezte fel A. G. Wilson. A Pal 2 egy külső halóbeli gömbhalmaz, jókora távolságra Napunktól. A legtöbb gömbhalmaz 20 ezer fényéven belül található a galaktikus központtól, ez az égitest viszont 110 ezer fényévre fekszik (bár nem ez típusának legtávolabbi képviselője). Galaktikus koordinátái: $b \sim 9^\circ$, $l \sim 170^\circ$.

Itt kicsit álljunk meg, és gondolkozzunk el, mit takarnak ezek az adatok; ehhez először ismerkedjünk meg a galaktikus koordináta-rendszer néhány alaptulajdonságával:

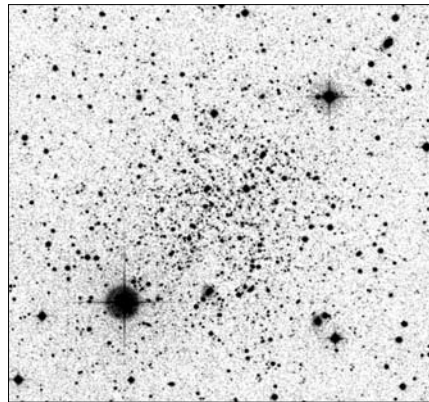
- alapsík: a Tejútrendszer síkja,
- alapirány: a Tejútrendszer középpontja, a Naptól nézve,
- koordináták: b galaktikus szélesség, l galaktikus hosszúság (fokokban).

A Pal 2 szinte pontosan a központtal ellentétes irányban látszik, hiszen a legtöbb gömbhalmaz a Sagittarius és az Ophiuchus csillagképek környezetében helyezkedik el. Az Auriga csillagkép, ahol a Pal 2 is látható, inkább fényes Messier-nyílthalmazairól ismeretes. A galaktikus szélességből pedig arra következtethetünk, hogy ez a gömbhalmaz közel fekszik a galaktikus síkhoz, aminek eredményeképp egy por és gáz keverékből álló fátyolon keresztül látjuk, hiszen a Tejútrendszer síkjában a csillagközi anyag igencsak sűrű. A Pal 2 kb. $1,2^m$ -val lenne fényesebb, ha egy porszegényebb vidéken látszana. Ez az interisztelláris abszorpciónak nevezett jelenség a Galaxis magja irányában akár $10\text{--}30^m$ -val is csökkentheti a csillagok fényességét! Annyit érdemes még megjegyeznünk, hogy az abszorpció (elnyelés) kékben erősebb. Csillagászati szempontból igazán bosszantó a csillagközi vörösödés (is), sztochasztikus jellege miatt szinte lehetetlen pontosan korrigálni a hatását. A jelenség alapja a hullámhosszakban eltérő fényszórás, a csillagközi por a látóirányunkból érkező csillag fényéből nagyobb mértékben szórja ki a kék színű összetevőt, így a földi megfigyelő látszólagos vörösödést tapasztal. A fényszórás ezen típusa a Rayleigh-féle szórás, erőssége a hullámhossz negyedik hatványával fordítottan arányos, ezért a fehér fényből a rövidebb hullámhosszú kék sugarak erősebben szóródnak, mint a vörösek. (Gondoljunk csak a lenyugvó Nap esetére!)

Palomar 3: 1955-ben azonosította Wilson a Palomar-hegyi fotólemezeken, először a Sextans Globular Cluster nevet adva a csillagcsoportosulásnak. A halmaz érdekessége, hogy mindössze 4° -ra látszik az égen az 1990-ben felfedezett, alacsony felületi fényességű Sextans Dwarf elnevezésű törpe sferoidális galaxistól, Tejútrendszerünk egyik kísérőjétől (a Lokális Csoport tagja), ami enged következtetni, hogy esetleg fizikai

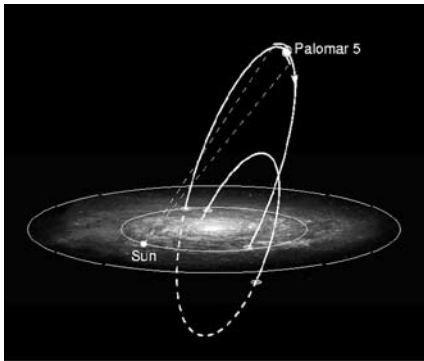
kapcsolat lehet a két objektum között. Bár a megfigyelési adatokból kiderült, hogy a Pal 3 és a törpegalaxis térbeli távolsága mindössze 30 ezer fényév körüli, semmilyen bizonyítékot nem találtak a fizikai kapcsolatára. A radiális sebességek alapján a két rendszer független egymástól: a Pal 3 $83,4\text{ km/s}$ -mal, míg a Sextans Dwarf 238 km/s sebességgel távolodik tőlünk.

Palomar 4: 1949-ben azonosította E. Hubble, majd 1955-ben A. G. Wilson újra felfedezte. Először nem volt tisztában gömbhalmaz mivoltával, úgy gondolta, hogy törpe elliptikus vagy sferoidális galaxisról lehet szó, el is nevezte Ursa Maior Dwarf-nak. Wilson és G. O. Abell cikkei némi félreértésre adhatnak okot. Mindketten 1955-ben közölték eredményeiket: Wilson a Sextans, Serpens, Ursa Major, Pegasus gömbhalmazokat írja le, viszont Abell már Palomar-számokkal katalogizált (Pal 1–13-ig). A Pal 4 tőlünk mérve a második legtávolabbi ismert gömbhalmaz a Tejútrendszerben.



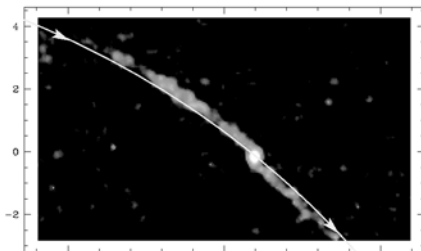
A Palomar 5 jelű gömbhalmaz az SDSS felvételén. Érdekes, hogy ez az objektum volt a Sloan első célpontja, a „first light” alanya

Palomar 5: Vitathatatlanul az egyik, ha nem a legizgalmasabb Palomar-gömbhalmaz. 1950-ben bukkant rá Baade, majd 1955-ben Wilson erősítette meg a felfedezést. Utóbbi csillagász Serpens Globular Clusternek nevezte el, ami nem szerencsés, hiszen ugyanebben a csillagképben található



A Palomar 5 bonyolult pályája a Tejútrendszerben

a fényesebb M5 is, alig két és fél fokra a Pal 5-től. Elnyúlt alakja miatt eleinte ezt is törpe elliptikusnak hitték. A Galaxisunk által keltett árapályhatás miatt az eleinte gömb alakú halmaz elnyúlttá vált, és ez adott okot a félreértésre. A Newton-féle gravitációs törvény szerint két gravitáló tömeg közötti erőhatás nagysága fordítottan arányos a távolságuk négyzetével (és egyenes arányban áll tömegük szorzatával). Amikor a Pal 5 közeledik a jóval nagyobb tömeget magában foglaló galaktikus síkhoz, a Tejútrendszer az egyre



A Palomar 5 árapálycsóváí csillagszámlálási módszer alapján

kisebb távolság miatt egyre erősebben magához vonzza a halmaz csillagait, majd áthaladás után nehezen „engedi el” őket, többet be is fog, így szinte „szétkeni” a gömbhalmaz csillagait annak pályáján. Sok érdekes animáció található az interneten. A Pal 5 megjelenése igen érdekes: az említett fizikai hatások csillagokat ragadtak ki a halmazból, amelyek lassulva (effektíve távolod-

va) követik és vezetik azt, üstökös-csóvához hasonló formációkban. A mai napig tart ez a hatás, az előtte haladó (déli nyúlvány) és a mögötte haladó (északi nyúlvány) együttes kiterjedése 22° . Ezekben az árapálynyúlványokban csomósodások találhatóak, jelezve, hogy a csillagvesztés időszakosan következik be, modellszámítások alapján akkor, amikor kb. 100 millió évenként a Pal 5 áthalad a Tejútrendszer fősíkján.

További érdekességek:

- pályája perigalaktikus és apogalaktikus távolsága: 7,9 és 18,8 kpc (25,7 és 61,3 ezer fényév), keringési ideje 290 millió év,
- a nyúlványokban 20%-kal nagyobb tömeg található, mint magában a gömbhalmazban,
- becslült kora 11,5 milliárd év.

Végezetül egy érdekes animációt ajánlunk Olvasóink figyelmébe a Pal 5 árapálycsóváinak kialakulásáról: http://www.mpia.de/Public/Aktuelles/PR/2002/PR020603/Pal_5-320.mov

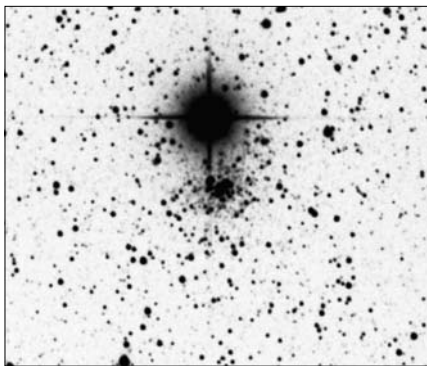
Palomar 6: 1952-ben fedezte fel Abell ezt a tőlünk majdnem 20 ezer fényévre található, laza szerkezetű gömbhalmazt. A galaktikus központ irányában látjuk, emiatt nagymértékben elhalványítja a csillagközi anyag. Fő érdekessége, hogy egyike azon négy gömbhalmaznak (M15, M22, NGC 6441, Pal 6), melyekben planetáris köd található. A benne rejtőző planetárist csak 1997-ben fedezték fel.

Palomar 7: Lewis Swift fedezte fel először még 1889-ben ezt a viszonylag fényesnek mondható Palomar-halmazt (az IC katalógusba került be 1276-os sorszámmal), majd Abell újra felfedezte 1952-ben. A Galaktikus Dudorhoz tartozik, Napunktól 4 kpc-re található. Egy 1998-ban megjelent cikkben brazil és olasz szerzők publikálták a Pal 7 szín-fényesség diagramját, melyből megfelelő eredményekre jutottak. A horizontális és vörös óriás ágak morfológiája jelezte a halmaz fémgazdagságát, majd fotometriai adatok felhasználásával alá is támasztották ezt, melyekből megállapíthatjuk hogy a Pal 7 egy „fiatal” gömbhalmaz. A csillagászatban a fémséget egy [Fe/H]-nak nevezett paraméterrel adjuk meg, ami a Naphoz viszonyított

mennyiség: a Nap esetén 0, negatív [Fe/H] a Nap fémességénél kisebb, pozitív [Fe/H] a Nap fémességénél nagyobb értéket jelent.

Palomar 8: Abell fedezte fel 1952-ben ezt a csillagokban gazdag gömbhalmazt. A „könyvnyebb” palomarok egyike.

Palomar 9: William Herschel fedezte fel 1784. augusztus 7-én, ő még egy kerek, halvány ködösségként írta le, majd 1931-ben Per Collinder már gömbhalmazként jellemzi, végül Abell említett 1955-ös cikkében Palomar-számot adott neki. Megtalálását segíti egy fényes, 5 magnitúdós csillag, a \square Sgr közelsége. Ez a legfényesebb Palomar-gömbhalmaz (l. a táblázatot), emellett az egyetlen, amely NGC számot kapott (NGC 6717).



Az NGC 6717-ként is ismert Palomar 9 a DSS-ben

Palomar 10: Wilson fedezte fel ezt a nagyon halvány gömbhalmazt 1955-ben, a Sagitta csillagképben látható. Egyike a legnehezebb Palomar-halmazoknak alacsony felületi fényessége és csillagokban gazdag környezete miatt.

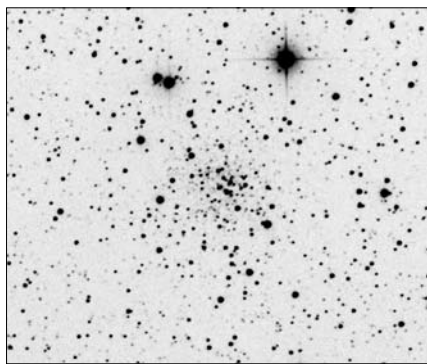
Palomar 11: Wilson fedezte fel 1955-ben ezt az Aquilában észlelhető halmazt, mely 9,8^m-s vizuális fényességével a második legfényesebb Palomar-gömbhalmaz. Könnyen észlelhető 15 cm-es reflektorral.

Palomar 12: R.G Harrington és F. Zwicky fedezte fel 1953-ban. Abell Palomar-számmal, már gömbhalmazként katalogizálta, ennek ellenére Zwicky 1957-ben közeli törpegalaxisként klasszifikálta, el is nevezte „Capricornus Dwarf”-nak. A későbbi észlelé-

sek Abellt erősítették meg. A Pal 12 fiatalnak tekinthető, 30%-kal fiatalabb, mint a legtöbb gömbhalmaz a Tejútrendszerben.

Palomar 13: 1955-ben fedezte fel Wilson, aki Pegasus Globular Clusternek nevezte el, ami ismét csak nem szerencsés, hiszen a Pegasus gömbhalmazaként inkább a fényes M15 jut eszünkbe.

Az ezredforduló tájékán egy nemzetközi csillagászcsoport a Mauna Keán található Keck-távcső Nagyfelbontású echelle spektrográfiával (HiRES) a halmaz belső mozgásvizonyait tanulmányozta harminc, a Pal 13 irányában észlelhető vörös óriással. Kicsivel nagyobb, mint 24 km/s-os szisztematikus sebességet állapítottak meg a csillagok színképéből (ekkora sebességgel mozognak a csillagok „egy irányba”), a projektált, belső sebességszórás 2 km/s (a szisztematikus sebességen túl, ennyivel tér el átlagosan a csillagok sebessége a halmazon belül). Ez a szórás nagyobb, mint az a halmaz luminozitásából és a központi sűrűsödésből várható érték.



A Sas csillagkép kihalt déli határvidékein látható Palomar 11 a lista második legfényesebb tagja (DSS kép)

A jelenség fizikai okára két lehetséges magyarázatot adnak a szerzők: az első szerint a Pal 13 korábban egy katasztrófális fűtési korszakot élt meg amikor keresztülhaladt a perigalaktikus pontján; a másik magyarázat szerint a sötét anyag gravitációs hatása miatt léphet fel a magasabb sebesség-diszperzió. A felületi sűrűségprofilja is szokatlan, ezt vagy

Objektum	Csillagkép	RA (2000)	D (2000)	Fényesség (V)	Méret
Pal 1	Cepheus	03 ^h 33 ^m 58,3 ^s	+79° 36' 07"	13,6 ^m	2,8'
Pal 2	Auriga	04 46 24,5	+31 23' 35"	13,0	2,2'
Pal 3	Sextans	10 05 31,4	+00 04' 17"	13,9	1,6'
Pal 4	Ursa Major	11 29 33,7	+28 56' 43"	14,2	1,3'
Pal 5	Serpens	15 16 22,1	-00 08' 03"	11,8	3,2'
Pal 14	Hercules	16 11 14,5	+14 56' 44"	14,7	8,4'
Pal 15	Ophiuchus	17 00 07,9	-00 33' 12"	14,2	3,0'
Pal 6	Ophiuchus	17 44 02,2	-26 13' 39"	11,6	1,2'
Pal 7	Serpens	18 10 44,2	-07 12' 27"	10,3	8,0'
Pal 8	Sagittarius	18 41 48,9	-19 49' 26"	10,9	5,2'
Pal 9	Sagittarius	18 55 06	-22 42' 06"	8,4	5,4'
Pal 10	Sagitta	19 18 16,0	+18 34' 32"	13,2	4,0'
Pal 11	Aquila	19 45 31,0	-07 59' 50"	9,8	10,0'
Pal 12	Capricornus	21 46 56	-21 13' 44"	11,7	2,9'
Pal 13	Pegasus	23 06 58,5	+12 47' 47"	13,8	42"

A cikkben bemutatott gömbhalmazok fontosabb adatai

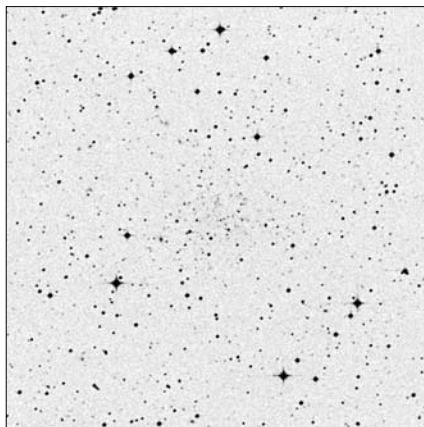
az előtér-csillagok népsége, vagy a halmaz a gondoltnál nagyobb kiterjedése okozhatja. A teljes sűrűségprofil (ami nem csak a 21 mintabeli csillag alapján készült) ennek megfelelően magas koncentrációval és nagy árapály sugárral illeszthető.

Palomar 14: 1958-ban fedezte fel Sidney van der Bergh. Véglegesen 1960-ban klaszifikálták gömbhalmazként, ekkor jelent meg Halton C. Arp és van der Bergh közös cikke, melyben hivatalosan is közzéteszik az újrafelfedezést. A P14 a legtávolabbi Palomar-gömbhalmaz, távolsága a Naptól 241 ezer fényév. Vizuális fényessége emiatt igen alacsony, ez a leghalványabb Palomar-halmaz. Több helyen AvdB-ként hivatkoznak rá, ezzel utalva a felfedezőkre (Arp-van der Bergh).

Palomar 15: Ez a legbizonytalanabb Palomar-gömbhalmaz. Ez a legbizonytalanabb Palomar-gömbhalmaz. Az Ophiuchus csillagképben található objektum becsült távolsága a Naptól 145 ezer fényév, a Tejútrendszer magjától 124 ezer fényév.

Összefoglalás

Amatőrcsillagászati szempontból igazi kihívást jelentenek ezek az objektumok. A nagytávcsöves észlelők a Messier-maraton mintájára Palomar-maratonokat tartanak világszerte. Felfedezésük, amint a cikkből megtapasztalhattuk, általában hasonló forgatókönyv szerint zajlott: felfedezik őket,



A Palomar 15 (DSS felvétel)

vagy a palomari fotólemezeken, vagy korábbi vizuális megfigyelésekből, majd Abell 1955-ben Palomar-számokkal látja el őket. Ettől az évtől számíthatjuk a katalógus születésnapját.

Kun Emma

A Palomar-gömbhalmazok vizuális megfigyeléséről (Palomar-gömbhalmazok nyomában) a Meteor 2003/12. számában olvashatunk Tóth Zoltán, a legeredményesebb hazai „Palomar-észlelő” tollából.

Snt